

替代能源应用技术丛书

地热能 开发与应用技术

朱家玲 等编著



化学工业出版社

替代能源应用技术丛书

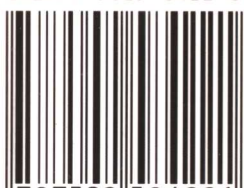
● 地热能开发与应用技术

太阳能应用技术

海洋能应用技术

风能应用技术

ISBN 7-5025-8422-6



9 787502 584221 >

● 销售分类建议: 能源

ISBN 7-5025-8422-6

定价: 45.00元

—— 替代能源应用技术丛书 ——

地热能 开发与应用技术

朱家玲 等编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

地热能开发与应用技术/朱家玲等编著. —北京: 化学工业出版社, 2006. 3
(替代能源应用技术丛书)
ISBN 7-5025-8422-6

I. 地… II. 朱… III. ①地热-资源开发②地热-资源利用 IV. P314

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 024133 号

替代能源应用技术丛书
地热能开发与应用技术
朱家玲 等编著

责任编辑: 程树珍 陈 丽
文字编辑: 余纪军
责任校对: 凌亚男
封面设计: 于 兵

*

化学工业出版社出版发行
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
购书咨询: (010)64982530
(010)64918013
购书传真: (010)64982630
<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京市振南印刷有限责任公司印刷
三河市延风装订厂装订
开本 787mm×1092mm 1/16 印张 20½ 字数 530 千字
2006 年 5 月第 1 版 2006 年 5 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5025-8422-6
定 价: 45.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

内 容 提 要

本书主要针对我国目前地热勘探开发及利用技术方面的需要,在写作中力求突出地热技术的“新”与“实”,很多章节为国家“九五”、“十五”攻关项目所取得的成果及近年地热领域研究成果和先进技术,是近年来较多突出地热开发及应用技术的一本实用性较强的专业参考书。

全书共分7篇21章,内容涉及水文地质、地球物理及地球化学、地热资源勘察及评价方法、地热钻井工艺及技术、抽水试验工艺过程、回灌井口设备及技术、地热井口设备及系统选材、地热综合利用技术、经济评价方法、地热工程计算软件、自动监测系统的设计、网络化信息管理(GIS)及评价体系、地热开发的环境问题,几乎涵盖了地热开发与利用的所有内容。

可供地热资源勘察、开发、工程设计部门在实际工作中使用,具有一定的参考价值。也可作为科研、高校相关专业和本科生、研究生教学的参考用书。

序

胡锦涛主席在 2004 年中国科学院和中国工程院两院院士大会上所作报告中明确指出“为了全面建设小康社会，不断开创中国特色社会主义事业的新局面，我们必须大力推进科技进步和创新，进一步发挥科技对经济社会全面发展的关键性作用。我国人口多、资源人均占有量少的国情不会改变，不可再生资源储量和可用量不断减少的趋势难以改变。从长远看，经济发展和人口、资源、环境的矛盾会越来越突出，可持续发展的压力会越来越大。我们必须坚持依靠科技进步和创新，抓紧解决这些问题。要大力加强能源领域的科技进步和创新，提高我国资源，特别是能源和水资源的使用效率，减少资源浪费，寻找和开发替代资源，发展可再生资源，为建立节约型社会提供技术保证。”这些都是当前国家对我国广大科技人员提出的殷切希望和要求。

自远古至未来，根据科技进步和资源开发，人类对能源应用可依次分为四个时期，即柴薪时期、煤炭时期、石油天然气时期和可持续发展能源时期。20 世纪 50 年代后，世界已进入石油天然气时期，而我国至今仍处于煤炭时期。我国一次能源的 75% 来源于煤炭，即使到 2050 年煤炭在能源结构中的比例也将高于 50%，且能源利用率不高，因而造成环境污染，资源浪费。当前，全球化石能源储量已经不多，以石油为例，其储量只能维持 60 年左右。因此各国都在积极开发应用可持续发展的替代能源，以便减轻目前的能源紧缺压力和保证百余年后能逐步顺利过渡到可持续发展能源时期。我国化石能源储量并不丰富，根据 2000 年统计，我国煤炭人均占有量约为世界人均值的 79%，石油为 11%，天然气仅为 4.5%。因此，为了全面建设小康社会和经济持续发展，能源不足是一个急需解决的关键问题。

我国太阳能、风能、海洋能和地热能等可持续发展的替代能源资源丰富，但很少开发利用。根据 2000 年统计，这方面的能源消费仅占我国一次能源总消费量的 0.12%。要使我国经济能持续发展并在将来，使我国能源结构能顺利过渡到可持续发展能源时期，就必须大力开发应用可持续发展的替代能源。为了积极促进替代能源的发展，特编辑了这一套替代能源应用技术丛书。第一批出版的本套丛书共四本。分别为《太阳能应用技术》、《风能应用技术》、《海洋能应用技术》和《地热能开发与应用技术》。每本著作均由知名专家根据国内外近期科研成果和工程实践执笔编著，可供大专院校师生、科研院所和工矿企业相关人员应用和参考。希望这套丛书的出版能对我国替代能源的开发和应用有所裨益。限于作者水平，丛书中错误难免，敬请读者批评指正。

中国工程院院士

林宗虎

2005. 12.

前 言

国家主席胡锦涛在为 2005 年北京国际可再生能源大会的书面致辞中指出：“可再生能源资源丰富、清洁、可永续利用。因此，大力加强可再生能源的开发利用，是应对日益严重的能源和环境问题的必由之路，也是人类社会实现可持续发展的必由之路”。随着我国国民经济的快速发展，21 世纪能源短缺的问题将成为阻碍我国发展最严重的问题。科学家预测到 2050 年，新能源将成为人类主要能源之一。

根据《中华人民共和国可再生能源法》规定，地热能属于可再生能源家族中的重要成员之一。地热资源指在可以预见的未来一定时间内能够为人类开发和利用的地球内部的热能资源及与其伴生的有用组分。地热能是一种集水、热、矿于一体的很有发展前途的新型能源。我国地热资源的形成与分布受地质构造特点和其在全球板块构造中所处部位的控制，故我国是以中低温为主的地热资源大国，地热资源潜力占全球的 7.9%。其中高温地热资源 ($\geq 150^{\circ}\text{C}$) 主要分布在藏南、滇西、川西和台湾；中低温地热资源几乎遍布全国各省市自治区。

我国在地热资源勘探开发、利用上经历了几十年的风风雨雨，从在著名地质学家李四光教授的倡导下所开始的大规模地热资源的普查勘探工作，到逐步认识地热资源可以为人类服务所兴起的粗放式直接利用模式，如：家庭式种植、养殖，小规模的温泉理疗及低效率的直接供暖等，乃至随着跨学科技术的发展，不同领域的专家学者的汇集，将更先进的技术和开发成果应用到地热资源开发领域，使得我国地热资源开发利用技术越来越趋于成熟，并为国人留下了大量的极具有开发价值的地质资料和宝贵的利用经验。

我国在 30 多年间大规模的地热开发利用，从利用项目上有地热集中供热、生活热水、温泉洗浴，温泉理疗，农业名贵花卉、蔬菜种植，观赏鱼种养殖，干燥、工业印染等，中低温地热直接利用总量为 $1582\text{GW}\cdot\text{h/a}$ ，地热资源开发利用取得举世瞩目的好成绩，利用总量已居世界首位。特别是天津地区，仅地热供热一项，已占全国地热供热总面积的 77%，有利的促进了改善大气环境、减少环境污染和天津市碧水蓝天工程的快速实施。再从技术层面上分析我们的发展过程，从最简单的直接利用，设备陈旧，腐蚀严重，到如今各种型式的热泵技术，梯级利用配套专用设备，完善的回灌系统，先进的测试手段，网络化自动管理信息系统，以及资源保证和评价体系的建立（资源评价及热储储量计算方法）等，使得我国在地热资源开发利用水平在不断的与世界水平靠近。

地热学是一门综合性学科，它包括了地热地质、水文地质、地球物理、地球化学、石油地质、热物理、热储工程、环境地质、技术经济学、自动化控制、网络及现代管理学等专业学科，是多学科、多专业领域知识与技术的交叉与融合。为了尽快提高我国的地热勘察、开发、利用研究水平，以资源、环境与社会可持续发展为契机，将地热资源开发、利用与社会经济发展有机的结合起来，扩展地热资源开发与综合利用为社会服务的领域，增强地热资源开发和利用的生命力，推动各地开发利用技术水平全面进步，迅速提高市场竞争力，是当前迫切需要解决的问题，也是作者反复思考的大问题。因此，前面的路对每个地热科技工作者来说，既充满希望，也面临挑战。

本书系统论述了地热资源开发利用中的核心思想、应用基础理论与计算方法，全书贯彻理论与实际相结合的宗旨，以理论应用作为基础，指导生产实际。书中很多章节为国家“九五”、“十五”攻关项目所取得的成果和先进技术，是近年来我国在已出版同类刊物中

突出地热开发及应用技术最多的一本书。本书内容涵盖了从地热勘探、开发、工程应用及科学化管理方法等多个方面。写作的主要目的是：在国家大力提倡开发可再生能源的大好形势下，普及提高全国地热科技水平，进一步促进全国地热开发利用事业的健康、有序发展。为此，作者结合各地地热开发技术的需要，用科学的发展观总结所取得的成果与经验，写作中力求突出地热技术的“新”与“实”，使之真正成为地热勘察、开发、利用与管理有价值的参考书。

本书内容涉及地热开发过程中多种实用技术，按内容分为7篇21章；全书的章节构思、统编、定稿由朱家玲教授主要负责。在编写过程中的具体章节分工如下：

第1章——司士荣

第2章——王东升

第3章、第6章、第7章、第8章——天津地热勘察开发设计院的林黎、孙宝成、石建军、程万庆、杨永江、李俊

第4章、第5章——王坤、朱家玲

第9章、第21章——朱家玲

第10章——齐金生

第11章、第16章、第17章——张伟

第12章——戴传山、雷海燕

第13章——刘雪玲、戴传山

第14章——雷海燕

第15章——齐金生

第18章——朱家玲、刘正光

第19章——刘雪玲、朱家玲

第20章——李永壮、司士荣

在本书编写过程中，受到天津市国土资源和房屋管理局地热管理处李春华处长、天津地热勘察开发设计院孙宝成院长、林黎总工程师的大力支持及技术指导；河北省正定水文地质研究所的王东升研究员，多年从事同位素的研究工作，积累了丰富的经验，为了完善本书的内容，直接参加编写工作，在此一并表示真诚的感谢！

在本书编写过程中，受到天津大学自动化学院的刘正光教授，管理学院的李永壮老师的技术支持，孙平乐老师、柴智、马喜妹、刘洁、曹东波等也为本书的编写作出努力，在此一并表示真诚的感谢！

司士荣老师在本书编写过程中，除了负责编写部分章节外，还承担了全书文稿的审核、整理工作，为其付出大量的心血，在此表示真诚的感谢！

天津大学地热研究培训中心老一辈从事地热科学研究的蔡义汉教授、张启教授、王万达教授等工作兢兢业业，无私奉献，为地热利用研究、培养人才做出了一生的贡献，在此一并表示真诚的感谢！

最后，作者多年的研究工作得到了国家科技部高新技术司能源处、天津市科委高新技术处、天津市国土资源与房屋管理局地热管理处项目支持，在此一并表示衷心的感谢。

由于作者的时间、水平有限，书中难免出现一定的缺陷，敬请广大读者给予赐教。

编著者

2006年1月

目 录

第 1 篇 总 论

第 1 章 能源危机与地热能的开发利用	1
1.1 能源危机	1
1.2 可再生能源及发展战略	3
1.3 地热能在可再生能源中的地位	5
1.4 世界地热能开发利用	6
1.5 我国地热开发利用	7

第 2 篇 地热资源勘察及评价方法

第 2 章 环境同位素在地热资源形成研究中的应用	11
2.1 同位素在地热系统中应用的原理和功效	11
2.2 地热水补给机制的研究	13
2.3 地热水年代学研究	18
第 3 章 地热资源勘察及储量计算方法	23
3.1 地热资源	23
3.2 地热田的勘察与研究	24
3.3 勘察技术与方法	27
3.4 勘察技术与方法最优化	33
3.5 地热资源评价方法	34
第 4 章 数学模型在热储工程中的应用研究	37
4.1 解析算法在对井回灌开采模型中的分析及适用性	38
4.2 数值模型算法分析及适用性	39
4.3 数值模型计算在地热资源评价中的应用	41
4.4 裂隙介质传热传质机理分析与区域温度场特征分析	46
第 5 章 示踪剂试验在分析水动力场中的应用	52
5.1 示踪剂类型和特点	52
5.2 示踪剂剂量估算	54
5.3 示踪剂试验分析	55

第 3 篇 地热钻井工程技术

第 6 章 地热钻井工程技术	58
6.1 钻井井身结构设计	58
6.2 钻井施工工艺和成井工艺	59
6.3 钻井液	72
6.4 套管设计	78
6.5 固井工艺	81
第 7 章 抽水试验工艺	85

7.1	抽水试验分类	85
7.2	抽水试验方法和要求	86
7.3	抽水资料分析	88
第8章	地热井施工事故分析与处理	89
8.1	钻具事故及处理	89
8.2	落物事故及处理	91
8.3	卡钻事故及处理	93
第9章	地热回灌技术	98
9.1	回灌类型	99
9.2	第三系砂岩回灌堵塞问题分析	99
9.3	回灌井钻井工艺及技术要求	103
9.4	回灌井地面配套设备工艺及技术要求	104
9.5	地热对井系统利用实例分析	106
9.6	回灌抽水试验	110
9.7	回灌工艺自动数据采集及记录	111

第4篇 地热井口设备及选材

第10章	地热井口工程及设备	113
10.1	地热井口工程	113
10.2	地热井口装置	116
10.3	地热井口装置的氮气保护	119
10.4	地热水除砂	121
10.5	井口装置中的气水分离设备	125
10.6	地热井提水设备	128
10.7	地热井泵变频调速	140
10.8	地热井泵房	145
第11章	地热水腐蚀结垢程度分析与设备选材	147
11.1	地热腐蚀类型	147
11.2	地热流体中的主要腐蚀成分	149
11.3	材料在地热水中的腐蚀行为及地热设备的选材	151
11.4	地热利用中的防腐措施及防腐工程设计	154
11.5	地热水的成垢机理及结垢腐蚀趋势判断	156
11.6	地热防垢、除垢方法	159

第5篇 地热综合利用技术

第12章	地热供热系统	161
12.1	地热供热概述	161
12.2	地热直接式供热	163
12.3	地热间接式供热	166
12.4	地热供热的调峰设计	171
12.5	地热地板辐射供热	174
第13章	热泵技术在低焓能源中的应用	177
13.1	概述	177

13.2	压缩式热泵	177
13.3	热泵的热源	183
13.4	土壤源热泵	185
13.5	水源热泵	187
13.6	第一类吸收式热泵	191
13.7	第二类吸收式热泵	192
第14章	地热农业利用技术	193
14.1	地热温室大棚	193
14.2	地热养殖	203
14.3	地热孵化	205
14.4	地热干燥	209
第15章	地热水资源综合利用及深加工	215
15.1	地热水除铁处理	216
15.2	地热水的深加工处理	224
第16章	地热发电技术	231
16.1	地热发电原理及技术	232
16.2	地热发电系统设计与建设	234

第6篇 地热工程计算机软件及自动化控制

第17章	地热工程优化设计应用软件	240
17.1	软件功能简介	240
17.2	程序设计思路	240
17.3	软件使用说明	241
第18章	地热信息自动监测与智能化管理系统	250
18.1	概述	250
18.2	地热信息管理	251
18.3	系统功能及设计	253
18.4	上位机管理系统功能及设计	255
18.5	下位机监控系统总体设计	260
18.6	通讯系统	268
18.7	测试仪器仪表安装要求	269
18.8	现场安装实例运行分析	271
18.9	仪器仪表在测试中的问题及新产品开发	272
18.10	结论	275

第7篇 地热科学化管理及方法

第19章	地热工程概算及经济评价	276
19.1	现金流量及其构成	276
19.2	资金的时间价值及常用计算公式	279
19.3	项目经济评价指标	283
19.4	项目的财务评价	285
19.5	敏感性分析	287
19.6	项目比较方法	288

19.7 地热供暖工程的经济评价.....	290
第 20 章 地热科学化管理方法	291
20.1 科学评价与管理.....	291
20.2 地热资源的法制管理.....	297
第 21 章 地热开发中的环境保护	301
21.1 地热开发引发的环境问题.....	301
21.2 世界主要国家地热环境法规.....	306
21.3 地热资源开发过程的环境保护与可持续发展.....	309
参考文献.....	314

第1篇

总论

第1章 能源危机与地热能开发利用

能源是推动社会经济快速运转的动力,能源的可持续开发与利用是实现社会经济、人口、资源、环境协调发展的重要基础与物质保障。进入21世纪,随着我国经济规模的迅速扩大和人民生活水平的不断提高,能源的总体需求和人均消费量逐年增长,煤炭、石油、天然气等常规能源的发展受其资源储量和环境污染的制约,供应明显不足。需求增长与能源资源不足的矛盾越来越尖锐。严峻的现实促使国际社会加紧研究“资源量大、再生、清洁”的可再生能源的开发与利用,努力寻求一条有利于社会、经济发展而又减少环境污染的能源供应与消费道路,利用可再生能源的优势缓解当前经济、能源、环境三者之间的矛盾,达到保障能源持续稳定供应的目的。

1.1 能源危机

1.1.1 常规能源供应不足

我国幅员辽阔,能源资源的蕴藏种类齐全、数量丰富,目前主要能源产品的产量居世界前列,是世界能源生产和消费大国。由于我国快速发展的工业化进程,以及13亿人的衣、食、住、行每天都需要消耗天文数字的能源资源,致使我国煤炭、石油、天然气的人均资源量相对较低,仅为世界平均水平的60%、10%和5%;化石资源的人均占有储量达不到美国的1/10。因此,从需求的角度讲,我国又是一个能源资源相对贫乏的国家。要想实现能源产品长期、稳定、快速增长的困难会越来越大,可持续发展的前景极不乐观。

21世纪,我国处于一个经济飞速发展时期,工业化进程加快必然要求以能源增长作为基本保障,能源需求量大幅度增长,目前已创历史最高,并且在未来几十年内还将快速增长。据有关专家保守预测:如果以2000年我国能源消费数据为基点,到2010~2020年,按GDP分别翻一番和翻两番计算,我国能源消费总量增长的幅度分别为38%和89%,2010年能源消费总量将增长到22.4亿吨标准煤;2020年为25.5亿~30亿吨标准煤。因此,从未来发展看,受自然资源不足和经济发展需求量不断加大条件的限制,常规能源资源不足问题将会更加突出,能源资源不足是我国能源发展面临的最大问题。

我国自1993年成为石油进口国以来,石油进口量大幅度增长,对国际石油市场的依赖程度为总需求量的40%,2004年已达1.2亿吨,成为仅次于美国的世界第二大石油进口国。按我国政府到2020年GDP翻两番的计划和我国现在能源需求的增长速度,现已探明的世界石油储量全部供中国消费也只能用100年左右。因此,保证石油供应已成为各国

为能源经济安全而互相争夺的焦点。石油储量的短缺与供应不足,直接导致国际石油价格不断攀升。尤其是2005年,国际油价似脱缰的野马一路狂飙,最高已上扬到70.8美元,是6年前同期的7倍。我国是石油进口大国,原油价格每升高10美元,经济增长就会随之降低0.25个百分点。国际油价持续走高,会给我国社会经济的正常发展带来沉重的压力与负担。因此,必然迫使石油进口量逐年下降。

近年来,全国有2/3的省、市、自治区电力供应不足,已连续3年出现大面积的拉闸限电。在电力短缺的背后,实际是煤炭难以承受的超常需求。从供应方面讲,煤炭对我国能源供应的贡献至为关键,是任何一种能源都无法替代的,占能源消费总量的67.1%还满足不了消费的需求。全国现有的各类煤矿大多数已处于满负荷和超负荷生产状态,具备安全生产能力的矿井产量只能达到12亿吨,占2004年煤炭总产量的61.35%;还有38.65%生产能力的煤矿因安全状况没能达标,必须进行系统改造后才能生产;近年虽开工、建设了部分煤矿,但大多要到几年后才能正式投产,预计新增产量仅1.5亿吨;各地的乡镇小煤矿产量虽增幅较高,约占全国的35%,但由于其技术与管理水平低下,个体煤矿业主单纯追求经济利益,无条件降低成本,使安全生产缺乏基本保障。再加上资源方面的原因,大幅增产将受到制约。种种原因致使我国煤炭价格一路抬升,2005年已接近400元/吨。

1.1.2 能源结构不合理利用效率低

我国是世界上唯一的以煤炭为主的能源消费大国,燃煤占世界煤炭消费量的27%,二氧化碳排放量仅次于美国居世界第二位,占全世界的13%,二氧化硫排放量为世界第一。

由于高耗能工业的快速发展,带动煤炭需求和消耗量以2亿吨/年的速度递增,2010年煤炭消费总量将达21亿吨;到2020年约达30亿吨。在我国一次能源消费中:煤炭占67.1%,原油22.7%,天然气2.8%,可再生能源占7.3%。煤炭比重过高,而石油、天然气、可再生能源的比重则偏低。煤炭消费比重过高,必然会降低能源的利用效率,增大对资源和环境的压力。为此,许多国家都对煤炭采取限产政策,重新调整能源结构。

煤炭是一种低热值、高污染、高运输成本的劣质能源。在我国,煤炭消费的主要方式是直接燃烧。由于国产原煤质量较差,煤灰和硫占21.3%,而大部分原煤在燃烧前没有经过洗选,所以在煤炭消费的同时带来难以治理的环境污染。特别是由于技术方面的原因,粗放型经济增长方式没有根本改变,单位产值的污染物排放量过高,每吨标准煤的产出效率还不到30%,仅相当于日本的10.3%、欧盟的16.8%。根据世界平均测算,世界每产生1万美元GDP,平均能耗相当于2.5吨原油,而我国则要消耗8.4吨原油,相当于世界平均水平的3.3倍。而与一些发达国家相比,我国能源资源浪费的情况就更为明显,我国现在的能耗水平相当于美国的4倍,日本和德国的8倍左右。我国以煤为主的能源消费结构,决定了我国能源利用的不平衡,从而导致能源利用效率低下、环境污染严重等问题。

发展可再生能源和提高能源效率是能源可持续发展的两个车轮。从能源战略上讲,21世纪,世界已经转入后能源时期,我国政府将推动可再生能源的开发利用作为能源发展的基本选择。中科院何祚庥院士在“2005年中国能源战略与投资峰会”上表示,2004年我国的电力装机总量为4.5亿千瓦,预计2050年我国电力装机总量将达到25亿~30亿千瓦,届时我国的人均装机容量水平也只相当于美国2004年的1/2左右。何祚庥院士认为:即使把所有可利用的能源资源都算上,预计到2050年煤炭最多只能满足10亿千瓦的电力供应;水能最多为5亿千瓦,占装机总量近一半的缺口必须由开发可再生能源补充。

循环经济是我国现代经济发展的关键。在能源价格持续走高,能源资源可采储量日

渐枯竭之时,为达到协调产业生态化与治理污染产业化的有机统一的目的,必须彻底改变当前的能源结构,从资源开采、生产消耗出发,提高资源利用效率,在减少资源消耗的同时,相应地削减废物的产量。尽量使能源结构多元化,把对煤炭、石油等化石型能源的依赖,转变到以清洁型、可再生能源为主的能源结构,以此赢得能源的可持续发展。

1.1.3 环境污染严重

人类活动造成大量的温室气体向空气中排放,二氧化硫、二氧化碳是温室气体的主要成分。目前全世界每年向大气中排放的二氧化碳超过了80亿吨。我国的燃煤占世界煤炭消费总量的27%,二氧化碳的排放量则为世界总排放量的13%,居世界第一。我国是世界上唯一以煤炭为主的能源消费大国,在国产原煤的质量中,平均灰分为20.5%、硫分为0.8%。在各种一次能源中,煤炭消耗量最大,所产生的污染也最为严重,单位排污量大大高于石油和天然气,造成90%的二氧化硫和70%烟尘的大气、环境污染。

大量的温室气体排放是全球变暖的罪魁祸首。由于气候变暖,冰川悄然消退、许多物种快速消失、大气层出现了臭氧空洞、全球的自然灾害成倍上升、地球上严重干旱地区比例由20世纪70年代的10%~15%上升到2003年的30%左右。20世纪90年代,全球发生的自然灾害比60年代增加了3倍;2004年,全世界为自然灾害而支付的保险金总额达到300亿欧元,创下历史最高记录。

受全球气候变暖的影响,我国也有1/3的国土被酸雨侵蚀;主要水系的2/5成为劣五类水质;3亿多农村人口喝不到安全的水;草原退化、水土流失面积达155万平方千米;城市燃煤、工业企业排放废气及机动车尾气污染严重,致使城市上空大气中弥漫着二氧化硫、一氧化碳及有毒悬浮微粒,4亿多城市人口呼吸着严重污染的空气,导致城市肺癌发病率大大提高。因此,从生态角度讲,中国的环保到了最紧要的关头。

中国20多年的经济快速增长,可以说是一场拼环境和资源的战争。在GDP增长的同时,生产安全事故频发,自然资源遭受到掠夺式的“大开发”。由于我国已丧失将环境危机转嫁给别国的大好时机和条件,所以,这种高速度的经济增长对环境的破坏更大。环境污染在我国经济发展过程中已对人类的发展和生存构成非常严重的威胁,对中国经济造成多方面的负面影响。尽管我国经济以每年创纪录的增长率和投资水平快速发展,但是伴随着经济繁荣,在环境保护和人文资源方面也付出了沉重的代价。据中科院专家统计测算:我国由于环境污染和生态破坏造成的损失占GDP的15%,总损失约为2830亿元人民币,占中国国民生产总值的10%,致使平均经济增长率下降两个百分点。

我国是世界上人口最多的发展中国家,资源和环境对我国经济快速发展的制约尤为突出,更急迫地需要转变经济发展模式。我国政府已明确“以人为本,全面协调可持续的发展观”,把可再生能源利用的发展作为增强能源供应、调整能源结构、保护环境、消除贫困、扩大就业、促进经济循环发展的重要新举措。

1.2 可再生能源及发展战略

1.2.1 替代能源——可再生能源

所谓替代能源,从广义上可理解为可再生能源。其基本概念和含义是1981年由联合国在肯尼亚首都内罗毕召开的“新能源和可再生能源研讨会”上提出并确定的,可再生能源被定义为:除常规化石能源和大中型水力发电、核裂变之外的太阳能、生物质能、风能、地热能及海洋能等。可再生能源有三大特点:一是资源具有可再生性;二是在消耗时

不排放二氧化碳,不增加温室效应;三是具有资源蕴藏量丰富、分布面积广、清洁,可不断再生、永续利用、适宜就地开发、非常有利于生态环境的良性循环和能源的可持续发展等优势。因此,一些发达国家悄然发展循环经济,早已投入巨资全力开发可再生能源,将其作为世界第三次浪潮的能源基础。

太阳能:是指太阳所负载的能量,它的计量一般以阳光照射到地面的辐射总量,包括太阳的直接辐射和天空散射辐射的总和,被公认为各种能源之本。太阳能的利用方式主要有:光伏(太阳能电池)发电系统,将太阳能直接转换为电能;太阳能聚热系统,利用太阳的热能产生电能;被动式太阳房;太阳能热水系统;太阳能取暖和制冷。

风能:是指风所负载的能量,风能的大小决定于风速和空气的密度,我国北方地区和东南沿海地区一些岛屿,风能资源丰富。据国家气象部门有关资料显示,我国陆地可开发利用的风能资源为 2.53 亿千瓦,主要分布在东南沿海及岛屿、新疆、甘肃、内蒙古和东北地区。此外,我国海上风能资源也很丰富,初步估计是陆地风能资源的 3 倍左右,可开发利用的资源总量为 7.5 亿千瓦。

生物质能:包括自然界可用作能源用途的各种植物、人畜排泄物以及城乡有机废物转化成的能源,如薪柴、沼气、生物柴油、燃料乙醇、林业加工废弃物、农作物秸秆、城市有机垃圾、工农业有机废水和其他野生植物等。

地热能:是储存在地下岩石和流体中的热能,它可以用来发电,也可以为建筑物供热和制冷。根据测算,全球潜在地热资源总量相当于每年 493 亿吨标准煤。

海洋能:是指潮汐能、波浪能、温差能、盐差能和海流能的统称,海洋通过各种物理过程而接收、储存、散发的能量以潮汐、波浪、温度差、海流等形式存在于海洋之中。例如,潮汐的形式源于月亮和太阳对地球的吸引力,涨潮和落潮之间所负载的能量称之为潮汐能;潮汐和风又形成了海洋波浪,从而产生波浪能;太阳照射在海洋的表面,使海洋的上部和底部形成温差,从而形成温差能。所有这些形式的海洋能都可以用来发电。

1.2.2 可再生能源的发展

在我国,发展替代能源——可再生能源可大大减少能源系统的脆弱性,保证在未来的国际能源产业竞争中占得一席之地。尤其能够满足广大农村地区人口的能源需求,减少森林过度开采、植被破坏,对长期、平衡的社会发展具有重要意义。21 世纪,加强可再生能源的开发与利用,是解决日益严重的能源和环境问题的必由之路,也是人类社会实现可持续发展的必由之路。

我国的可再生能源资源基础雄厚,却因为成本高、规模小、缺乏激励政策而发展滞后。积极发展可再生能源,除了可以初步替代化石燃料的远期目标外,近期可以解决边远和农村地区的用能问题。

目前,我国发展可再生能源所面临的形势是,虽然有丰厚的可再生能源的资源基础,但产业发展却处于幼稚阶段,在技术和市场方面远落后于欧美等西方国家。开发可再生能源科技成分含量较高,需要较长时间的技术开发和市场积累。因此,在当前可再生能源发展中,除大力宣传,提高全民的认识外,还应把引进国外先进技术与自主创新相结合,尽早建立起完备的可再生能源产业体系。

从 1971~2000 年的 30 年间,世界可再生能源利用的年增长率为 2.1%,与总体能源的年增长率持平。地热能、太阳能、风能和海洋能发展速度最快,年均增长率达到 9.4%,其中风能和太阳能更是高达 52.1%和 32.6%。我国当前以小水电、风能、太阳能、地热能及生物质能等的可再生能源利用量还不够大,2003 年只有约 5200 万吨标准煤,仅占全国一次能源总消费量的 3%。但从目前国家及有关领导对可再生能源开发利用

的重视程度之高,各地发展的强劲势头以及国家制定的中长期能源发展规划目标看,在2020年有可能将可再生能源的利用量提高到全国一次能源消费总量的10%。

在今后20~30年内,我国具备可利用条件的风能、太阳能、地热能、生物质能等可再生能源的开发利用量潜力巨大。目前,国家《可再生能源中长期发展规划》已经制定完毕,确立了我国可再生能源发展的中长期目标。根据规划:到2050年我国可再生能源将成为能源结构中的主角之一,力争达到能源总量的30%以上。具体可划分为以下四个发展阶段。

第一阶段:到2010年,实现部分可再生能源技术的商业化。通过扩大示范试点、在政策的激励下推广应用,使现在已经成熟或初步成熟的小水电、风电、太阳能热利用、沼气、地热采暖等技术达到完全商业化程度。

第二阶段:到2020年,大批可再生能源技术发展到商业化水平,努力使可再生能源利用量提高到一次能源总量的18%以上,使可再生能源开发总量达到4亿~5亿吨标准煤。

第三阶段:全面实现可再生能源的商业化,大规模替代化石能源。到2050年,可再生能源在能源消费总量中达到30%以上,成为我国重要的替代能源。

第四阶段:到2100年,可再生能源在能源消费总量中达到50%以上,并基本消除传统的利用方式,实现能源消费结构的根本性改变。

1.3 地热能在可再生能源中的地位

地热资源是指在当前技术经济和地质环境条件下,地壳内能够科学、合理地开发出来的岩石中的热能量和地热流体中的热能量及其伴生的有用组分。地热资源的热能一部分来源于地球深处的高温熔融体;另一部分来源于放射性元素衰变所产生的热。因此,地热能是通过漫长的地质作用而形成的集热、矿、水为一体的矿产资源。

地热能的直接利用不受白昼和季节变化的限制,在许多方面具备了与太阳能、风能竞争的优势。目前,我国地热能直接利用总量在各种可再生能源排序中仅次于生物质能的直接利用。

地热资源按其在地下的赋存状态,可以分为水热型(地下100~4500m)、干热岩型和地压型地热资源(3000~6000m),其中水热型地热资源又可进一步划分为蒸汽型和热水型地热资源。按温度高低,地热资源可划分为高温地热资源($>150^{\circ}\text{C}$)、中温地热资源($>90^{\circ}\text{C}$ 且 $<150^{\circ}\text{C}$)、低温地热资源($<90^{\circ}\text{C}$)三种类型。我国地热资源蕴藏丰富,但由于地质和地球物理条件复杂,地热资源分布不均匀。各种类型的地热资源,必须通过一定程序的地热地质勘察研究工作,才能查明储量、质量和开采技术条件,以及开发后的地质环境变化情况。地热水可采量的大小,主要取决于资源储量、开采技术、经济等条件的成熟程度。

我国地热资源大部分以中低温为主,主要分布在东南沿海和内陆盆地地区,如松辽盆地、华北盆地、江汉盆地、渭河盆地以及众多山间盆地地区。现已发现的中低温地热系统2900多处,总计天然放热量相当于750万吨标准煤。全国已发现的高温地热系统有255处,主要分布在西藏南部和云南、四川的西部。

目前,全球潜在地热资源总量为1401EJ,而目前利用的只有2EJ,占潜能的0.14%。我国每年可开采的地热水总量约为67.17亿立方米,折合3283.4万吨标准煤的发热量,所以说,地热资源开发潜力巨大,作为一种补充能源是大有可为。遗憾的是,因受技术水平和经济条件所限,还不到资源保有量的1/60,开发利用的潜力还很大。